

TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN ASSET PACKAGE VR SPATIAL ADAPTIVE
UI TOOLKIT BERBASIS METODE EXTREME PROGRAMMING**



DISUSUN OLEH:

MUHAMMAD JAMALUDDIN

NIM 22106050007

**STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2026**

LEMBAR PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2125/Un.02/DST/PP.00.9/08/2026

Tugas Akhir dengan judul : RANCANG BANGUN ASSET PACKAGE VR SPATIAL ADAPTIVE UI TOOLKIT
BERBASIS METODE EXTREME PROGRAMMING

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : MUHAMMAD JAMALUDDIN
Nomor Induk Mahasiswa : 22106050007
Telah diujikan pada : Kamis, 23 Juli 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Dr. Ir. Aulia Faqih Rifa'i, M.Kom.
SIGNED

Valid ID: 6a8842d54e71d



Penguji I

Muhammad Mustakim, S.T. M.T.
SIGNED

Valid ID: 6a87f18ef902



Penguji II

Eko Hadi Gunawan, M.Eng.
SIGNED

Valid ID: 6a8b81e38ba80



Yogyakarta, 23 Juli 2026
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6a8e01b9db2e1

LEMBAR PERNYATAAN

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Jamaluddin
NIM : 22106050007
Program Studi : Informatika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya, bahwa skripsi saya yang berjudul Rancang Bangun *Asset Package VR Spatial Adaptive UI Toolkit* Berbasis Metode *Extreme Programming* merupakan hasil pekerjaan penulis sendiri sepanjang pengetahuan penulis, bukan duplikasi atau saduran dari karya orang lain kecuali bagian tertentu yang penulis ambil sebagai bahan acuan. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Yogyakarta, 19 Mei 2026



Muhammad Jamaluddin
22106050007

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

LEMBAR PERSETUJUAN



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS DAKWAH DAN KOMUNIKASI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 515856 Yogyakarta 55281

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI

Kepada:
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UTN Sunan Kalijaga Yogyakarta
Di Yogyakarta

Assalamualaikum wr.wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka saya selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Muhammad Jamaluddin
NIM : 22106050007
Judul Skripsi : Rancangan Bangun Asset Package VR Spatial Adaptive UI Toolkit Berbasis Metode Extreme Programming

Sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi Jurusan/Program Studi Informatika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana komputer.

Dengan ini saya berharap agar skripsi tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya saya ucapkan terimakasih.

Yogyakarta, 19 Mei 2026

Mengetahui:
Pembimbing,


Dr. Ir. Aulia Faqih Rifa'i, M.Kom
NIP 198603062011011009

INTISARI

Perkembangan teknologi imersif, terutama dalam perangkat *Virtual Reality* (VR) telah mendorong penggunaan aplikasi virtual secara masif di berbagai sektor. Salah satu perangkat yang populer di pasar saat ini adalah Pico 4. Dalam pengembangan aplikasi VR, mesin pencipta game (*game engine*) seperti Unity menjadi platform yang dominan digunakan oleh para pengembang. Unity menyediakan sistem kanvas dua dimensi (2D) standar yang memudahkan perancangan antarmuka pengguna. Namun, penerapan antarmuka dalam ruang spasial 3D VR memerlukan proyeksi geometri melengkung dan konfigurasi proksi fisik (*Physical Proxy*) agar elemen seperti *button*, *toggle*, *slider*, hingga *input field* dapat merespons input kontroler maupun deteksi tangan secara akurat. Alat ini diimplementasikan sebagai *plugin* untuk Unity, yang diharapkan dapat mempermudah proses pembuatan UI melengkung dan interaksi antara komponen, serta meningkatkan produktivitas *developer*.

Kata Kunci: *Virtual Reality*, Unity, UI Melengkung, Asset Package, Pengembangan Perangkat Lunak.

ABSTRACT

The development of immersive technology, particularly in Virtual Reality (VR) devices, has driven the massive use of virtual applications in various sectors. One popular device in the market today is the Pico 4. In VR application development, game engines such as Unity have become the dominant platform used by developers. Unity provides a standard two-dimensional (2D) canvas system that facilitates user interface design. However, implementing interfaces in 3D VR spatial spaces requires curved geometry projection and physical proxy configuration so that elements such as buttons, switches, sliders, and input fields can respond to input controls and hand detection accurately. This tool is implemented as a plugin for Unity, which is expected to simplify the process of creating curved UIs and interactions between components, as well as increase developer productivity.

Kata Kunci: Virtual Reality, Unity, Curved UI, Asset Package, Software Development.

MOTTO

“Sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan.”

Surah Al-Insyirah ayat 6

"If you want to build a legacy, you have to work hard."

Khabib Nurmagomedov



HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan penuh syukur atas karunia Allah yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, Tugas Akhir ini kupersembahkan dengan penuh rasa hormat dan cinta kepada:

1. Ibu tercinta, Junaidatul Munawaroh, yang telah memberikan kasih sayang, doa, dan dukungan tanpa henti. Engkau adalah inspirasi utama dalam setiap langkah hidupku.
2. Ayah tercinta, Muhammad Anang Sukardi, yang telah menjadi tiang penopang kehidupanku. Dengan kebijaksanaan dan kesabaranmu, Engkau telah membimbingku melalui setiap tantangan dan keberhasilan.

Doa dan pengorbanan Ibu dan Bapak adalah cahaya yang membimbing langkah-langkahku menuju kesuksesan. Terima kasih tak terhingga untuk kasih sayang dan pengorbanan tanpa batas kalian. Semoga Allah senantiasa melimpahkan rahmat-Nya.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Rabbil 'Alamin, penulis bersyukur kepada Allah *Subhanahu wata'ala* karena berkat Rahmat dan Karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul "Rancang Bangun Plugin Konversi Kotlin Data Class ke Protocol Buffers Message Berbasis Metode *Extreme Programming*." Sholawat dan salam selalu diberikan kepada junjungan kita Rasulullah SAW, yang telah menuntun kita ke zaman yang cerah, dan semoga kita semua mendapatkan syafaatnya di akhir zaman.

Penyelesaian tugas akhir ini membutuhkan usaha dan kerja keras dalam proses penyelesaiannya. Namun dalam proses penyelesaiannya tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak, secara langsung maupun tidak langsung. Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Noorhaidi Hasan S.Ag., M.A., M.Phil., Ph.D. selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Muhammad Mustakim, S.T. M.T. selaku Ketua Program Studi Informatika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga.
3. Dr. Agus Mulyanto, S.Si., M.Kom., ASEAN Eng, M.T. selaku dosen penasihat akademik penulis selama kuliah di UIN Sunan Kalijaga.
4. Dr. Ir. Aulia Faqih Rifa'i, M.Kom. selaku pembimbing tugas akhir penulis yang sabar dan memberikan masukan selama penulisan dan penyusunan tugas akhir.
5. Seluruh Dosen dan Karyawan Program Studi Informatika UIN Sunan Kalijaga yang telah memberi ilmu dan bantuan selama perkuliahan penulis.
6. Kedua orang tua penulis Ibu Junaidatul Munawaroh dan Ayah Anang Sukardi yang telah membesarkan dan merawat penulis hingga dapat menempuh pendidikan tinggi dan menjadi pribadi yang lebih baik.

7. Seluruh Angkatan Informatika UIN Sunan Kalijaga terutama teman-teman angkatan 2022 yang telah menjadi teman seperjuangan dan saling mendukung pada saat perkuliahan.

Tugas akhir ini pasti tidak terlepas dari kekurangan kualitas dan kuantitas materi. Untuk itu, mohon kritik dan saran yang konstruktif untuk membantu penulis memperbaiki kekurangannya. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan dapat dikembangkan untuk ke depannya.

Yogyakarta, 29 Juni 2026

Penulis



Muhammad Jamaluddin

NIM. 20106050007

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iii
INTISARI.....	iv
ABSTRACT	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II	6
KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 <i>Virtual Reality</i>	6
2.2 <i>Unity</i>	6
2.3 <i>C#</i>	7
2.4 <i>Canvas</i>	8
2.5 <i>Render Texture</i>	10
2.6 <i>Collider</i>	11
2.7 <i>Ray Interactor</i>	11
2.8 <i>Unity Asset Package</i>	12

2.9	Metode <i>Extreme Programming</i>	12
2.10	Alat Terdahulu	13
BAB III		17
METODE PENGEMBANGAN SISTEM		17
3.1	Alat dan Bahan	17
3.2	Metode Pengembangan	18
BAB IV		20
PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM		20
4.1	Iterasi Pengembangan Pertama	20
4.1.1	Perencanaan Iterasi Pertama	20
4.1.2	Perancangan Iterasi Pertama	21
4.1.3	Implementasi Iterasi Pertama	24
4.1.4	Pengujian Iterasi Pertama	33
4.2	Iterasi Pengembangan Kedua	34
4.2.1	Perencanaan Iterasi Kedua	35
4.2.2	Perancangan Iterasi Kedua	36
4.2.3	Implementasi Iterasi Kedua	41
4.2.4	Pengujian Iterasi Kedua	45
4.3	Panduan Pengguna	48
BAB V		50
KESIMPULAN DAN SARAN		50
5.1	Kesimpulan	50
5.2	Saran	50
Daftar Pustaka		52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Tampilan UI pada Editor Unity	7
Gambar 2 Tampilan <i>Canvas</i> dengan Metode <i>Rendering Screen Space - Overlay</i>	9
Gambar 3 Tampilan <i>Canvas</i> dengan Metode <i>Rendering Screen Space - Camera</i>	9
Gambar 4 Tampilan <i>Canvas</i> dengan Metode <i>Rendering World Space</i>	10
Gambar 5 Ketidakpuasan Pengguna Terhadap Alat <i>Curved UI - VR Ready Solution</i> Mengenai Masalah Skala	13
Gambar 6 Ketidakpuasan Pengguna Terhadap Alat <i>Curved UI - VR Ready Solution</i> Mengenai Masalah Tidak Support <i>XR Hands</i> , Masalah <i>Input Fields</i> , dan Masalah <i>Hovering</i>	13
Gambar 7 Konfirmasi Pengembang Mengenai Inkompatibilitasnya dengan <i>XR Input System</i> pada <i>AnyUI</i>	14
Gambar 8 Tahapan Metode Extreme Programming	18
Gambar 9 <i>Activity Diagram Asset Package</i> Alur Inisialisasi dan Konfigurasi Dasar Pembentukan UI Melengkung	22
Gambar 10 Desain <i>Wireframe</i> Untuk Membuat UI Melengkung	24
Gambar 11 Pengisian formulir pembuatan API	25
Gambar 12 API ID	26
Gambar 13 Konfigurasi API pada Unity	26
Gambar 14 Konfigurasi <i>Render Texture</i>	27
Gambar 15 Konfigurasi <i>Material</i>	28
Gambar 16 Konfigurasi Kamera	29
Gambar 17 Konfigurasi <i>Canvas</i>	30
Gambar 18 Metode <i>Initialize()</i>	30
Gambar 19 Pemasangan kode <i>CurvedUI</i> dan Material Pada <i>GameObject CurvedMesh</i>	32

Gambar 20 Tampilan UI Melengkung	32
Gambar 21 <i>Activity Diagram Asset Package</i> Alur Konfigurasi Interaksi UI Melengkung	36
Gambar 22 <i>Component Diagram Asset Package</i>	38
Gambar 23 Desain <i>Wireframe</i> Untuk Komponen Pengaturan <i>Input</i>	40
Gambar 24 Konfigurasi <i>Tracked Pose Driver</i>	41
Gambar 25 Proses Pembuatan 3D Objek Keyboard di Blender.....	42
Gambar 26 Pemasangan <i>Box Collider</i> pada Masing-Masing Tombol Keyboard	43
Gambar 27 Folder <i>com.jamal.vrspatialadaptiveuitoolkit</i>	48
Gambar 28 Isi Folder <i>com.jamal.vrspatialadaptiveuitoolkit</i>	48

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Detail Masalah-Masalah pada alat Curved UI – VR Ready Solution dan AnyUI	
15	
Tabel 2 <i>User Stories</i> Pada Iterasi Pertama	19
Tabel 3 Pengujian <i>Black Box</i> Pada Pembuatan UI Melengkung.....	32
Tabel 4 <i>User Stories</i> Pada Iterasi Pertama dan Iterasi Kedua	34
Tabel 5 Pengujian Black Box Pada Komponen	44

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam beberapa dekade terakhir, teknologi telah mengalami perkembangan secara pesat sehingga mengubah banyak bagian dalam berbagai aspek kehidupan. Salah satu hasil dari perkembangan teknologi secara pesat ini adalah sebuah inovasi teknologi yang menarik perhatian yaitu *Virtual Reality* (VR). VR adalah teknologi yang menghadirkan simulasi lingkungan tiga dimensi interaktif sehingga membuat pengguna dapat merasakan pengalaman imersif yang mendalam melalui navigasi virtual yang merespons gerakan fisik secara *real-time* [1]. Dalam VR, pengguna menggunakan *headset* atau kacamata khusus yang memungkinkan mereka untuk melihat serta merasakan lingkungan virtual yang dihasilkan oleh komputer dengan prinsip menciptakan simulasi yang menyerupai atau sangat mendekati situasi di dunia nyata [2]. Berdasarkan kemampuannya yang dapat menciptakan pengalaman nyata tersebut, teknologi ini telah digunakan secara luas dalam berbagai bidang seperti pendidikan, medis, militer, dan industri hiburan [3].

Aplikasi berbasis VR dapat dibangun dengan menggunakan Unity. Unity adalah sebuah mesin pengembangan berbasis 3D *real-time* yang berfungsi sebagai titik konvergensi bagi para kreator untuk menyatukan berbagai elemen seperti model 3D, skrip pemrograman, dan audio menjadi sebuah pengalaman interaktif yang utuh [4]. Unity menawarkan fleksibilitas tinggi dengan dukungan lintas perangkat yang mencakup komputer, seluler, dan AR/VR [5]. Hal tersebut memberikan kemudahan pada pengembang untuk menentukan target perangkat hanya dengan mengembangkan melalui Unity.

Ketika mengembangkan aplikasi berbasis VR di Unity dapat menggunakan *XR Plugin Management*, *XR Interaction Toolkit*, dan *XR Hands*. Dalam arsitektur pengembangan Unity, *XR Plugin Management* berperan sebagai pengelola teknis sistem XR, sedangkan *XR Interaction Toolkit* dan *XR Hands* berfungsi sebagai kerangka kerja

untuk membangun mekanika interaksi. Secara spesifik, *XR Plugin Management* adalah paket yang menyediakan manajemen sederhana untuk *plug-in XR* yang mencakup proses pemuatan, inisialisasi, pengaturan konfigurasi, serta dukungan penyusunan akhir aplikasi [6]. Selanjutnya, *XR Interaction Toolkit* adalah sistem interaksi tingkat tinggi berbasis komponen yang menyediakan *framework* untuk menciptakan pengalaman VR dan AR, yang memungkinkan interaksi objek 3D dan antarmuka pengguna (UI) dapat terhubung langsung dengan *input events* dari Unity [7]. Terakhir, *XR Hands* adalah sistem penyedia antarmuka pemrograman aplikasi (API) untuk mengakses data pelacakan tangan pada perangkat yang kompatibel, dengan syarat pengaktifan *plug-in* penyedia yang mendukung subsistem pelacakan tangan XR [8].

Implementasi *user interface* (UI) di VR menghadapi tantangan ergonomi. Hal ini didasari oleh kenyataan bahwa hingga saat ini masih sedikit mengenai kajian literatur yang membahas secara mendalam kemampuan VR dalam menampilkan data 2D, seperti kumpulan gambar, tombol, maupun teks. Padahal, elemen-elemen tersebut memiliki peran penting sebagai media dalam menyimpan dan menyampaikan informasi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, salah satu pendekatan yang dapat dipertimbangkan adalah pengembangan sistem UI melengkung dalam VR. Hal ini karena UI melengkung mampu memberikan bidang pandang yang lebih luas serta meningkatkan tingkat imersi pengguna, sehingga pengalaman yang dihasilkan menjadi lebih mendekati penggunaan layar melengkung di dunia nyata [9]. Penggunaan UI melengkung lebih baik dengan alasan karena posisinya yang terdistribusi secara seragam di sekitar pengguna, berbeda dengan UI datar yang memiliki efek bias wilayah karena pengguna cenderung lebih fokus pada bagian tengah layar daripada bagian tepinya [10]. Oleh karena itu, penerapan UI melengkung menjadi solusi potensial untuk meningkatkan ergonomi dalam lingkungan VR. Selain tantangan ergonomi adalah tantangan teknis karena hingga saat ini, Unity belum menyediakan fitur resmi untuk pembuatan UI melengkung di lingkungan VR. Oleh karena itu, implementasi UI melengkung dilakukan dengan memanfaatkan sebuah *GameObject* sebagai media utama yang dikombinasikan dengan penggunaan *render texture* serta kamera *orthographic*, sehingga mampu menghasilkan tampilan UI melengkung. Selain itu, berbagai fitur interaksi bawaan seperti *button*, *toggle*, *scrollbar*,

scroll view, *slider*, *dropdown*, dan *input field* perlu dikembangkan secara mandiri agar dapat berfungsi dengan baik UI melengkung tersebut.

Guna menjawab tantangan pembuatan UI melengkung beserta sistem interaksinya, diperlukan sebuah alat yang dirancang khusus untuk lingkungan Unity VR guna menjembatani kesenjangan tersebut. Alat ini dapat mengatasi untuk memproyeksikan UI melengkung pada permukaan *mesh*, dengan tetap mempertahankan deteksi input. Terdapat dua alat yang menjadi inspirasi dalam membuat perancangan dan pembangunan alat ini. Referensi pertama adalah *Curved UI - VR Ready Solution*, paket antarmuka yang memungkinkan manipulasi geometri kanvas di *world space* untuk menciptakan pengalaman imersif [11]. Tinjauan teknis berdasarkan umpan balik pengguna mengungkapkan restriksi fatal pada fleksibilitas skala (*scaling*), di mana elemen UI wajib memiliki skala *uniform* (1,1,1) agar berfungsi, masalah pada *hovering*, masalah pada *input field*, dan tidak ada dukungan deteksi tangan. Referensi kedua adalah *AnyUI*, alat yang memfasilitasi proyeksi UI Unity pada berbagai topologi permukaan 3D, termasuk bidang sferis [12]. Namun, relevansi alat ini dalam ekosistem pengembangan modern sangat terbatas akibat inkompatibilitasnya dengan *XR Input System* standar Unity, yang menjadikannya tidak fungsional untuk perangkat VR terkini tanpa modifikasi ekstensif.

Hal-hal tersebutlah yang memotivasi untuk merancang dan membangun sebuah alat yang hasil akhirnya berupa *asset package* antarmuka spasial adaptif dengan menerapkan metode *extreme programming* (XP). *Asset package* ini bertujuan menghadirkan solusi yang mampu memproyeksikan elemen UI melengkung pada permukaan tiga dimensi dengan presisi dan pemetaan input spasial yang presisi untuk komponen *button*, *toggle*, *scrollbar*, *scroll view*, *slider*, *dropdown*, dan *input field*. Lebih lanjut, *asset package* ini juga dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan pada alat yang sudah ada, khususnya dalam hal dukungan terhadap *input XR* dan integrasi dengan *XR Hands*. Alat ini dikembangkan dalam bentuk paket modular yang dapat diimplementasikan secara langsung dan berjalan pada Unity Engine, mengingat posisi Unity sebagai platform pengembangan konten *real-time* 3D yang dominan dan menjadi standar industri dalam penciptaan ekosistem aplikasi *Virtual Reality* saat ini.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah diuraikan, masalah dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun sebuah *asset package* antarmuka spasial adaptif pada lingkungan Unity VR yang mampu memproyeksikan elemen UI melengkung pada permukaan tiga dimensi secara presisi.
2. Bagaimana merancang sistem pemetaan input spasial yang akurat untuk komponen *button*, *toggle*, *scrollbar*, *scroll view*, *slider*, *dropdown*, dan *input field*.

1.3 Tujuan

Dari rumusan masalah yang telah disebutkan, tujuan yang ingin dicapai adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sebuah *asset package* antarmuka adaptif pada lingkungan Unity VR yang mampu memproyeksikan elemen UI melengkung pada permukaan tiga dimensi secara presisi.
2. Merancang dan membangun sistem pemetaan input spasial yang akurat untuk komponen *button*, *toggle*, *scrollbar*, *scroll view*, *slider*, *dropdown*, dan *input field*.

1.4 Manfaat

Hasil dari rancang alat ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Membantu pengembang aplikasi VR di Unity dalam mengimplementasikan UI melengkung beserta komponen interaktifnya seperti *button*, *toggle*, *scrollbar*, *scroll view*, *slider*, *dropdown*, dan *input field* dengan menggunakan *controller* dan pelacakan tangan secara lebih efisien tanpa perlu membangun sistem proyeksi mesh atau sinkronisasi kolider kustom yang rumit dari awal.

2. Meningkatkan produktivitas *developer* dengan menyediakan *asset package* ini, sehingga *developer* dapat lebih berfokus pada pengembangan konten dan logika utama aplikasi.
3. Berkontribusi pada pengembangan VR di Unity.

1.5 Batasan Masalah

Pembatasan pada pembuatan alat ini ditentukan sebagai berikut

1. Menggunakan perangkat lunak Unity versi 6000.3.0f1
2. Seluruh elemen UI yang dirancang melengkung harus dibangun menggunakan starter project yang telah disediakan pada scene.
3. Proses interaksi dengan komponen *button*, *toggle*, *scrollbar*, *scroll view*, *slider*, *dropdown*, dan *input field* dilakukan dengan *collider* dan *ray interactor*

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Alat VR Spatial Adaptive UI Toolkit yang dirancang dan dibangun dalam bentuk *Asset Package* ini menyediakan solusi proyeksi UI melengkung dengan sistem deteksi input yang bekerja melalui *ray interactor* dan *box collider*. Berdasarkan hasil implementasi, *asset package* ini berhasil mencakup seluruh elemen komponen *button*, *toggle*, *scrollbar*, *scroll view*, *slider*, *dropdown*, dan *input field* dan mendukung interaksi menggunakan *controller* maupun sistem deteksi tangan.

Keberhasilan fungsi dari seluruh komponen tersebut juga telah diperkuat melalui serangkaian pengujian *black box*, yang menunjukkan hasil valid dan sesuai harapan, baik dalam aspek fleksibilitas penyesuaian properti fisik kelengkungan UI maupun fungsionalitas interaksi setiap elemen antarmuka. *Asset Package* ini dapat dimanfaatkan oleh para pengembang aplikasi VR diekosistem Unity untuk menghemat waktu pengembangan, meningkatkan konsistensi interaksi, dan memfokuskan sumber daya pada logika bisnis aplikasi. Kemudahan dalam menggunakan *asset package* ini melalui mekanisme prefab yang siap pakai dan scene yang tersedia dalam *asset package* berupa kumpulan seluruh fitur *asset package* yang sudah dikonfigurasi yang dapat digunakan sebagai starter proyek. Dengan demikian, diharapkan perancangan dan pembangunan *asset package* ini dapat memberikan kontribusi positif bagi komunitas pengembang Unity XR dalam menciptakan pengalaman VR yang lebih imersif, intuitif, dan ergonomis.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diterapkan untuk pengembangan *asset package* di masa depan antara lain:

1. Menambahkan fitur auto generate otomatis *collider* yang sesuai dengan dimensi *button*, *toggle*, *scrollbar*, *scroll view*, *slider*, *dropdown*, dan *input field* pada *canvas*.
2. Membuat automasi melengkungkan UI Canvas yang telah dibuat *developer*.
3. Menambahkan fitur *speech to text* saat mengisi *input field* karena menurut Yeo dan Kwok [38] kecepatan mengetik dengan berbagai teknik seperti *raycasting*, keyboard VR berbentuk drum, input berbasis arah kepala dan keyboard terpisah menjadi lebih lambat, yaitu sekitar 10–20 WPM yang normalnya adalah 60-70 WPM.

Daftar Pustaka

- [1] Sulistianingsih, A. S., & Kustono, D. (2022). Potensi Penggunaan Teknologi Augmented Reality (AR) dan Virtual Reality (VR) dalam Pembelajaran Sejarah Arsitektur di Era Pandemi Covid-19. *Jupiter (Jurnal Pendidikan Teknik Elektro)*, 7(1), 10–18.
- [2] Pramesti, A. A., Sitompul, R. P., & Sopiya, N. (2022). Systematic Literature Review: Pemanfaatan Virtual Reality (Vr) Sebagai Alternatif Media Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 19(2), 105–117.
- [3] Siahaya, S. R. (2024). Literatur review: Penerapan virtual reality sebagai media pembelajaran interaktif. *Bul. Ilm. Ilmu Komput. Dan Multimed*, 2(2), 313–319.
- [4] "What is Unity?," Unity Technologies, n.d. <https://learn.unity.com/tutorial/what-is-unity> (accessed Dec. 16, 2025).
- [5] Nurdiyanto, R. (2023). Tren dan Visualisasi dari Unity 3D For Education sebagai riset gamifikasi Pembelajaran: Bibliometrik analisis. *Proceedings Series of Educational Studies*, 179–189.
- [6] "XR Plugin Management," Unity Documentation, 2025. <https://docs.unity3d.com/6000.3/Documentation/Manual/com.unity.xr.management.html> (accessed Dec. 23, 2025).
- [7] "XR Interaction Toolkit," Unity Documentation, 2025. <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.interaction.toolkit@3.3/manual/index.html> (accessed Dec. 23, 2025).
- [8] "XR Hands," Unity Documentation, 2025. <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.hands@1.7/manual/index.html> (accessed Apr. 26, 2026).
- [9] Cao, L., Peng, C., & Hansberger, J. T. (2019). A large curved display system in virtual reality for immersive data interaction. *2019 IEEE Games, Entertainment, Media Conference (GEM)*, 1–4.
- [10] Ullah, A. K. M. A., Delamare, W., & Hasan, K. (2023). Exploring users pointing performance on large displays with different curvatures in virtual reality. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 29(11), 4535–4545.
- [11] "Curved UI - VR Ready Solution To Bend / Warp Your Canvas!," Chime Maker, 2024. <https://assetstore.unity.com/packages/tools/gui/curved-ui-vr-ready-solution-to-bend-warp-your-canvas-53258> (accessed Dec. 23, 2025).

- [12] "AnyUI - Map your UI on any 3D Surface," infobeisel, 2020.
<https://assetstore.unity.com/packages/tools/gui/anyui-map-your-ui-on-any-3d-surface-91811> (accessed Dec. 23, 2025).
- [13] Romero-Luis, J., Rubio-Tamayo, J. L., Sanchez-Acedo, A., Wuebben, D., & Codesido-Linares, V. (2025). Virtual, Augmented, and Extended Reality applied to science communication: A systematic literature review. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*.
- [14] Wang, K., & Yan, W. (2024). An introduction to immersive display technologies. *IEEE Open Journal on Immersive Displays*, 1, 79–85.
- [15] Khaerudin, M., Srisulistiowati, D. B., & Warta, J. (2021). Game edukasi dengan menggunakan unity 3D untuk menunjang proses pembelajaran. *Jurnal Sistem Informasi (JSI)*, 8(2), 263–272.
- [16] Berrezueta-Guzman, S., & Wagner, S. (2026). Choosing the Right Engine in the Virtual Reality Landscape. *IEEE Access*.
- [17] "C# Overview," Microsoft Learn, 2024. <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/tour-of-csharp/overview> (accessed Mei. 03, 2026).
- [18] Hadiewijaya, A., & Wasito, B. (2024). Perbandingan Efisiensi Waktu dan Memori Pada C# dan Java dengan Metode Benchmarking. *Bit-Tech*, 7(2), 554–560.
- [19] "Canvas," Unity Documentation, 2025.
<https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.ugui@2.6/manual/UICanvas.html> (accessed Mei. 02, 2026).
- [20] "Render Texture," Unity Documentation, 2025.
<https://docs.unity3d.com/6000.3/Documentation/ScriptReference/RenderTexture.html> (accessed Apr. 26, 2026).
- [21] Asih, M. S. (2025). Pemanfaatan Unity Dalam Pembentukan Game Action 2D Berbasis Edukasi Pengetahuan Umum Menggunakan Collision Detection. *Cloud*, 2(2), 43–51.
- [22] "Introduction to primitive colliders shapes," Unity Documentation, 2025.
<https://docs.unity3d.com/6000.3/Documentation/Manual/primitive-colliders-introduction.html> (accessed Apr. 26, 2026).
- [23] Liu, F. (2025). Optimizing Atmospheric Effects and Collider Design for Immersion in Unity-Based Virtual Reality. *Applied and Computational Engineering*, 191(1), 186–194. <https://doi.org/10.54254/2755-2721/2025.ld28109>

- [24] "Introduction to mesh colliders," Unity Documentation, 2025.
<https://docs.unity3d.com/6000.3/Documentation/Manual/mesh-colliders-introduction.html> (accessed Apr. 26, 2026).
- [25] Pietroszek, K. (2024). Raycasting in virtual reality. In *Encyclopedia of computer graphics and games* (pp. 1534–1536). Springer.
- [26] "XR Ray Interactor," Unity Documentation, 2025.
<https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.interaction.toolkit@3.5/manual/xr-ray-interactor.html> (accessed Apr. 26, 2026).
- [27] "Distribute assets as packages," Unity Documentation, 2025.
<https://docs.unity3d.com/6000.3/Documentation/Manual/AssetPackages.html> (accessed Apr. 26, 2026).
- [28] Marthasari, G. I., Suahrso, W., & Ardiansyah, F. (2018). Personal Extreme Programming with MoSCoW prioritization for developing library information system. In *Proceeding of EECSI 2018* (pp. 537–540)
- [29] Shrivastava, A., Jaggi, I., Katoch, N., Gupta, D., & Gupta, S. (2021). A systematic review on extreme programming. *Journal of Physics: Conference Series*, 1969(1), 012046.
- [30] Carolina, I., & Rusman, A. (2019). Penerapan Extreme Programming Pada Sistem Informasi Penjualan Pakaian Berbasis Web (Studi Kasus Toko ST Jaya). *Jurnal Inovtek Polbeng Seri Informatika*, 4(2), 157–167.
- [31] Mukti, A. R. (2022). Perancangan Smart Home Menggunakan Konsep Internet of Things (IOT) Berbasis Microcontroller. *JUPITER: Jurnal Penelitian Ilmu Dan Teknologi Komputer*, 14(2-c), 516–522.
- [32] Fikri, A. M., & Artawan, I. P. D. (2020). Rancang bangun sistem informasi buku tamu pada Dinas Pemuda, Olahraga, dan Pariwisata Kota Balikpapan dengan metode Personal Extreme Programming. *Multitek Indonesia: Jurnal Ilmiah*, 14(2), 101–110.
- [33] "What is UML | Unified Modeling Language," Uml.org, 2024.
<https://www.uml.org/what-is-uml.htm> (accessed Apr. 29, 2026).
- [34] "Menggambar Proses Bisnis dengan Activity Diagram," SIS Binus, 2021.
<https://sis.binus.ac.id/2021/05/27/menggambar-proses-bisnis-dengan-activity-diagram-2/> (accessed May. 13, 2026).
- [35] "What is Wireframing? The Complete Guide [Free Checklist]| Figma," Figma, 2022. <https://www.figma.com/resource-library/what-iswireframing/> (accessed May. 19, 2026).

- [36] Verma, A., Khatana, A., & Chaudhary, S. (2017). A comparative study of black box testing and white box testing. *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, 5(12), 301–304.
- [37] “Perbedaan Deployment Diagram dan Component Diagram,” SIS Binus, 2020. <https://sis.binus.ac.id/2020/04/20/perbedaan-deployment-diagram-dan-component-diagram/> (accessed May. 13, 2026).
- [38] Yeo, A., Kwok, B. W. J., Joshna, A., Chen, K., & Lee, J. S. A. (2024). Entering the next dimension: A review of 3d user interfaces for virtual reality. *Electronics*, 13(3), 600.

